

Jani Fagerroos

# Ekologisten materiaalien käyttäminen auton sisustuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Artenomi  
Muotoilu  
Opinnäytetyö  
27.4.2011

Tekijä Otsikko	Jani Fagerroos Ekologisten materiaalien käyttäminen auton sisustuksessa
Sivumäärä Aika	38 sivua + 1 liite 27.4.2011
Tutkinto	Artenomi
Koulutusohjelma	Muotoilu
Suuntautumisvaihtoehto	Sisustuspainotteinen tekstiilisuunnittelu
Ohjaajat	Opettaja Tuomas Tiitinen st. Tuntiopettaja VTT Hanna Vilkkä
<p>Opinnäytteeni aiheena oli tutkia eri kuitumateriaalien mahdollisuuksia toimia ekologisina tekstiilimateriaaleina Metropolian kestävän kehityksen kaupunkiautoprojektissa. Projektilla oli myös ulkopuolinen salassa pidettävä tilaaja. Työssäni kuitumateriaaleja vertailtiin ekologisten vaatimusten ja auton sisustamisen vaatimusten pohjalta.</p> <p>Tutkimukseeni valitut kuidut esiteltiin, vertailtiin ja analysoitiin. Kaikki niiltä vaadittavat ominaisuudet tutkittiin. Tämän tutkimustyön pohjalta näiden kuitujen mahdollisuus toimia ekologisena sisustusmateriaalina analysoitiin. Ekologinen suunnitteluprosessi esiteltiin teoreettisessa viitekehyksessä. Koko prosessin tutkiminen pohjautui tekstiilin elinkaariajatteluun. Tutkimustyö oli myös henkilökohtainen syventyminen ekologiseen suunnittelutyöhön.</p> <p>Tutkimustyön tuloksena on mahdollisimman ekologinen vaihtoehto kuitujen maailmasta. Tulos nojaa olemassa oleviin taulukoihin, mittareihin ja standardeihin. Tulosten perusteella mahdollisimman ekologinen materiaali on kierrätys-PET:stä valmistettu kuitu. Lopulliseen autossa käytettävään materiaaliin vaikuttaa tutkimustyöni lisäksi myös työn tilaajan toive</p>	
Avainsanat	ekologisuus, elinkaari, kuitu, autosisustus

Author Title	Jani Fagerroos Ecological materials in car interior design
Number of Pages Date	38 pages + 1 appendice 27 April 2011
Degree	Bachelor of Culture and Arts
Degree Programme	Design
Specialisation option	Interior Oriented Textile Design
Instructors	Tuomas Tiitinen, Lecturer Hanna Vilkkä, Part-time teacher
<p>The objective of the thesis was to research different fibre materials and to compare their suitability as textile material in one of Metropolia University's sustainable development city car projects. The project also had a third party, as a confidential customer. The fibre materials were compared through ecological and car interior design requirements.</p> <p>The fibres that were chosen to this research were introduced, compared and analysed. All the required features were researched. Their suitability to work as an ecological interior material was then analysed. The ecological design process was introduced in the theoretical framework. Life cycle assessment of this process was also analysed. The research also served as a personal excursion to an ecological design process.</p> <p>The result is a most ecological option in the field of fibres. The result is based on charts, indicators and standards that already exist. According to the results, a most ecological material is a fibre made out of recycled PET. The material which will be used in the project, will also meet the requests of the customer.</p>	
Keywords	ecologic, life cycle assessment, fibre, car interior design

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön taustaa	2
2.1	Projektin esittely	2
2.2	Kaupunkiautoilun määrittely	2
2.3	Tutkimusongelma	4
2.4	Viitekehys	4
2.5	Tutkimusmenetelmät ja aikataulu	6
3	Ekologisen tekstiilisuunnittelun lähtökohdat	7
3.1	Käsitteitä	7
3.2	Suunnittelutyön vaatimukset	11
3.2.1	Ekologisuus	11
3.2.2	Auton sisustus	12
4	Materiaalivertailua	15
4.1	Selluloosakuidut	16
4.2	Synteettiset tekokuidut	18
4.2.1	Akryyli ja modakryyli	18
4.2.2	Polyamidi	19
4.2.3	Polyesteri	19
4.2.4	Polyeteeni ja polypropeeni	21
4.2.5	Elastaani ja polyuretaani	22
4.2.6	Mikrokuitukankaat	23
4.3	Kierrätysmuovit	24
4.4	Biomuovit	27
4.5	Tekstiileihin liitettävät toiminnot	29
4.6	Kierrätys ja uudelleenkäyttö	30
4.6.1	Mekaaninen kierrätys	30
4.6.2	Sulattaminen	31
4.6.3	Kemiallinen kierrätys	31
4.6.4	Kompostointi	31
4.6.5	Uusiokäyttö	32

5	Yhteenveto ja analysointi	33
6	Lopuksi	36
	Lähteet	37
	Liitteet	
	Liite 1. Yleisiä MI-kertoimia	

## 1 Johdanto

Kun minuun otettiin yhteyttä Metropolian autoprojektiin liittyen, olin välittömästi kiinnostunut. Suuri projekti, johon voisin sisällyttää opinnäytetyöni kuulosti haasteelliselta, mutta mielenkiintoiselta. Olin suorittanut kummatkin työharjoitteluni vaatealalla, ja tämä projekti olisi juuri sellaista suunnittelua, mitä tarvitsisin. Tutustuin kurssilaisiin sekä projektinvetäjään, teollisen muotoilun opettajaan, Mika Ihanukseen ja lähdin mukaan kestävän kehityksen kaupunkiautoprojektiin.

Kurssille liittyessäni oli tarkoitukseni tehdä opinnäytetyönä sisustus tähän kyseiseen autoon. Konseptin aikataulun ollessa kuitenkin huomattavasti pidempi kuin opinnäytetyöni, jouduin valitsemaan tutkimuskysymykseni uudelleen. Olen mukana edelleen auton suunnittelutyössä, mutta opinnäytetyöni aiheeksi rajautui ekologisten materiaalien käyttäminen auton sisustuksessa. Opinnäytetyötäni on tarkoitus käyttää hyödyksi myöhemmässä vaiheessa autoprojektia.

Opinnäytetyöni ensimmäisessä vaiheessa tulen käymään läpi, mitä tarkoittaa ekologinen materiaali ja tuotteen elinkaari. Sen jälkeen tutustun auton sisustuksessa huomiioon otettaviin ekologisiin vaatimuksiin, sekä itse auton sisustamisen vaatimuksiin. Työni viimeisessä vaiheessa keskityn vertailemaan eri materiaalien välisiä ominaisuuksia, mahdollisuuksia ja vaatimuksia sisustuskäytössä.

Opinnäytetyöni lopuksi pyrin löytämään mahdollisimman ekologisen, mahdollisimman kestävän ja samalla toteutettavissa olevan materiaalivaihtoehdon kyseessä olevaan kaupunkiautoprojektiin. Lopussa pohdin myös ekologista suunnittelutyötä tekstiilisuunnittelijan näkökulmasta

## 2 Opinnäytetyön taustaa

Tässä luvussa esitellään Metropolian kaupunkiautoprojekti, kerrotaan kaupunkiautoilun määritteitä, tutustutaan tutkimusongelmaan. Lisäksi esitellään viitekehys, tutkimusmenetelmät sekä projektin aikataulu.

### 2.1 Projektin esittely

Tavoitteena on kehittää tämän päivän vaihtoehtoinen kaupunkiautokonsepti. Auto toimii vähän fossiilisia päästöjä sisältävällä biopolttoaineella. Biomateriaalit ja biopolttoaineet ovat nousseet lupaaviksi välineiksi autoteollisuuden kokonaishiilijalanjäljen pienentämiseksi. Suomessa on jo ryhdytty kehittämään näitä molempia.

Keskeisenä tavoitteena on nostaa teollisen muotoilun koulutusohjelman tunnettavuutta ja vetovoimaisuutta kansallisella sekä kansainvälisellä tasolla. Pilottiprojekteilla markkinoidaan muotoilun koulutusohjelmaa yrityksille ja yhteisöille.

Projekti on jaettu viiteen osaprojektiin: biomateriaalit, biodiesel, ekotehokkaat metallikomponentit, ajoneuvoteollisuuden toimittajuus sekä demonstraatioajoneuvo. Metropolian teollisen muotoilun koulutusohjelma yhdessä autotekniikan koulutusohjelman kanssa toteuttavat demonstraatioajoneuvon. Kolmantena osapuolena toimii auton tilaaja, suomalainen bio-polttoaineen valmistaja. Tilaajan toimialasta johtuen heiltä on tullut projektia koskien toivomus, että autossa käytettäisiin mahdollisimman paljon selluloosapohjaisia materiaaleja ja mahdollisimman vähän muoveja.

Demonstraatioajoneuvo tulee toimimaan hankkeessa syntyvien tutkimustulosten esittelyalustana Geneven autonäyttelyssä 2015.

### 2.2 Kaupunkiauton määrittely

Kokosimme yhdessä autokurssin työryhmän kanssa tärkeimpiä kaupunkiautoilun määritteitä, jotta saisimme alustavat lähtökohdat suunnittelulle. Tärkeimmiksi osa-alueiksi nousivat autoilun ja pysäköinnin helppous, ajamisen ergonomia sekä pieni kulutus.

Jotta autoilu olisi vaivatonta kaupungissa, konseptista päätettiin tehdä pienikokoinen. Pienestä autosta näkee hyvin ja helposti ulos. Myös pysäköinti on helpompaa, sillä kokonaispituus ja kääntösäde ovat pienempiä. Pysäköinti on myös nopeampaa. Pieni auto vie vähemmän tilaa, vähemmän energiaa ja vähemmän materiaalia. Valinta oli myös ekologisesti perusteltu.

Ergonomia autoilussa tarkoittaa, että ajoasennon on oltava hyvä. Koska kyseessä on pieni auto, josta täytyy nähdä hyvin ympärille, korkea ajoasento oli perusteltavissa. Autoon on näin ollen myös helpompi astua sisään. Istuimiin pystytään myös tarvittaessa tallentamaan käyttäjien asetukset, jotta mukava ajoasento löytyy aina.

Kulutuksen minimoimiseksi moottoritulavuus pidetään pienenä, tehot tarvittavuuden rajoissa sekä auton rakenne keveänä. Jatkuva kiihdyttäminen ja jarruttaminen kuluttaa paljon polttoainetta. Moottorista täytyy löytyä tarpeeksi vääntöä, että sillä voi ajaa pienilläkin kaupunkinopeuksilla järkevästi.

Lisäksi työryhmä ideoi ominaisuuksia, joilla autoon saataisiin jotain uutta ja kiinnostavaa. Ovien avaaminen, sisätilojen muunneltavuus ja monikäyttöisyys, havainnointijärjestelmät, käyttöliittymät sekä erilaiset integroitavat tekniset ominaisuudet ovat asioita, joihin teolliset muotoilijat tulevat kiinnittämään erityishuomiota projektin aikana.

Toinen tärkeä asia, josta kokosimme ryhmän kanssa faktoja, oli ekologisuus. Tärkeimpänä aiheena esiin nousivat odotetusti materiaalit. Muita huomionarvoisia asioita olivat autoon liitettävät palvelut ja valaistus.

Materiaaleja mietittäessä lähtökohta on mahdollisimman vähän ja mahdollisimman kestävä. Tällä menetelmällä sekä säästetään materiaalia että pienennetään auton kulutusta. Autoon liitettävät palvelut saisivat kuluttajan esimerkiksi myös tuottamaan jotain kulutuksen ohella. Tulevaisuudessa tekstiilien osalta tällainen ominaisuus voisi olla jo itse materiaalissa. Valaistuksessa ekologisesti parhaana vaihtoehtona pidettiin ambient-valaistusta.



## 2.3 Tutkimusongelma

Opinnäytetyöni tavoitteena on löytää ekologisesti mahdollisimman hyvät materiaalit kaupunkiauton sisustamiseen. Lopputulokseen vaikuttavat tutkimukseni lisäksi kolmannen osapuolen eli tilaajan toivomukset ja vaatimukset. Koska tilaaja toivoo käytettävän selluloosapohjaisia materiaaleja, tulee se ottaa tutkimuksen lopputuloksessa huomioon painavana tekijänä. Kirjallisessa työssäni pyrin löytämään viitekehyksen puitteissa vastauksia seuraaviin pääongelmiin:

- Miksi jokin uusi suunniteltava tuote on ekologinen?
- Milloin tuote on mahdollisimman ekologinen?

Tutkimustyöni sivutuloksena toivon löytäväni vastauksen isompaan ongelmaan; mitä ekologisuus tarkoittaa ja miten voin hyödyntää sitä suunnittelussani? Toivon, että työni auttaa minua myös ymmärtämään paremmin ekologisia аспекteja suunnittelijan työssä.

## 2.4 Viitekehys

Opinnäytetyöni viitekehys kuvaa ekologisen suunnittelun rajapintoja. Kuviossa 1 näkyy, että suunnittelun rajapintoja löysin neljä, mutta tuotteen käyttöön liittyviä asioita en käsittele tässä työssä. Kun suunnittelutyö ja valmistus on toteutettu laadukkaasti ja pitämällä samalla mielessä tuotteen loppusijoitus, eli hylkäys, ei tuotteen käyttöiän ja kestävyiden tutkimisella ole niin suurta merkitystä. Henkilöauton keski-ikä suomessa on noin 11,4 vuotta (Trafi 2010), jonka ajan julkisen tilan sisustusmateriaalin tulisi kyllä kestää. Tekstiilisuunnittelussa materiaalivalinnat ja työn toteutus nousevat tärkeimpään arvoon, sillä ne määrittelevät jo suurelta osin valmiiksi tuotteen loppusijoittelun. Esimerkiksi jos materiaaliksi valitaan synteettinen tekokuitu, ei kompostointi ole vaihtoehtona hylkäykselle. Jos taas materiaaliksi valitaan luonnonkuitu, muuntokuitu tai biomuoveista tehty kuitu, voidaan tekstiili jopa kompostoida elinkaaren päätyttyä.



Kuvio 1. Viitekehys.

Suunnittelutyössä täytyy pitää mielessä tuotteen elinkaari, mahdollinen raaka-aineiden käytön vähentäminen, mahdollinen raaka-aineiden korvaaminen sekä kierrätys. Valmistus- eli toteutusvaiheessa valittu materiaali muokataan haluttuun, kestävään muotoon. Se voi mahdollisesti sisältää joitain toimintoja, kuten tuottaa pelkän kuluttamisen rinnalla jotain uutta. Tuotteen käytön aikana ekologisia arvoja pidetään yllä huolehtimalla ja hoitamalla tekstiiliä niin, että se on mahdollisimman pitkäikäinen. Tämän osa-alueen tutkiminen materiaalien muodossa ei sisälly opinnäytetyöhöni. Tekstiilin tullessa elinkaaren päähänsä selvitetään ensin mahdollinen uudelleenkäyttö. Jos se ei ole kannattavaa tai edes mahdollista, tutkitaan kierrätysvaihtoehtot.

## 2.5 Tutkimusmenetelmät ja aikataulu

Opinnäytetyöni on kvalitatiivinen tutkimustyö. Tutkimusmenetelminä työssäni käytän kirjallisen materiaalin sekä tilastojen tutkimista ja analysointia. Lisäksi hyödynnän julkaistujen artikkelien jo selvittämää faktatietoa, sekä oman alan yleistietoa. Materiaaleja tulen vertailemaan MI-kertoimien, tuotteen elinkaaren, kuiturakenteiden sekä eri osalueiden teknisten vaatimusten perusteella. Tärkein arviointikriteeri kuiduille on niiden ekologisuus. Seuraavaksi tärkeimmät ilman järjestystä ovat paloturvallisuus, kestävyys sekä lähituotantomahdollisuudet. Tuloksena tästä tutkimustyöstä syntyy riippumaton mielipide siitä, mikä tutkituista materiaaleista on ekologisin sisustusvaihtoehto projektiin.

Aikataulu tutkimustyölleni näkyy kuvioista 2. Koska opinnäytetyöni tuloksena ei synny mitään tuotetta, on koko projektiaika varattuna tutkimiseen, analysointiin ja kirjoittamiseen.



Kuvio 2. Aikataulu 2010 - 2011.

### 3 Ekologisen tekstiilisuunnittelun lähtökohdat

Suunniteltaessa ekologista tuotetta täytyy olla selvillä, mitä tarkoittaa tuotteen ekologisuus. Tuotteen ekologian toiminta-alueet jaotellaan usein kolmeen osa-alueeseen. Näitä alueita ovat raaka-aineiden ja energian käytön vähentäminen, raaka-aineiden korvaaminen sellaisilla raaka-aineilla, joista aiheutuu vähemmän ympäristöhaittoja, sekä aineiden kierrätys ja uudelleenkäyttö. Nämä kolme asiaa antavat vahvan pohjan ekologisille lähtökohdille. Suunnittelutyössä suunnittelijan täytyy lähteä liikkeelle elinkaarijähttelusta. Suunnitteluvaiheessa on tällöin paremmat mahdollisuudet tehdä tuotteen ekologisesti tärkeitä muutoksia ja pitää mielessä valmistusvaiheen vaikutusten ja kustannusten ohella myös tuotteen käytön ja hävittämisen aiheuttamat ympäristövaikutukset. Myöhemmässä vaiheessa prosessia tämä on käytännössä mahdotonta. Koko tuotteen elinkaaren tutkiminen on työlästä, joten työssäni tulen kiinnittämään huomiota erityisesti tekstiilin kehitykseen, valmistukseen ja hylkäykseen. Jos nämä kolme kohtaa tutkittavassa materiaalissa täyttää ekologiset arvot, on lopputuloksena jo erittäin ekologinen tekstiili. (Routio 2007)

#### 3.1 Käsitteitä

Tekstiilikuitujen ja -raaka-aineiden vertailu työssäni etenee noudattaen tiettyä kaavaa. Ensimmäiseksi selvitetään kuidun syntyminen raaka-aineesta, sen jälkeen tutkitaan kuidun ominaisuuksia ja lopuksi katson soveltuuko se auton sisustustekstiiliksi. Jokainen osa-alue sisältää useita vaatimuksia, standardeja sekä numeraalisia arvoja, jotta vertaileminen on mahdollista. Lukijalle näiden seuraaminen voi olla vaikeata, joten muutamia opinnäytetyössäni esiintyviä käsitteitä on syytä avata ennen varsinaista tekstiä.

**Luonnonkuitu** saadaan kasveista tai eläimistä puhdistamalla ja muokkaamalla niitä sopivasti (Talvenmaa 1998:13).

**Tekokuitujen** raaka-aineet saadaan joko kasvavasta luonnosta, lähinnä erilaisista puulajeista (muuntokuidut), tai maaöljyn jalostuksessa syntyvistä sivutuotteista (synteettiset tekokuidut) (Talvenmaa 1998:13).

**Elinkaarianalyysi** tarkoittaa menetelmää, jonka avulla arvioidaan tuotteen, prosessin tai toiminnon aiheuttamat ympäristövaikutukset sen koko elinkaaren aikana (Alma media 2008).

Tekstiilimateriaalin elinkaari muodostuu tuotekehityksestä, hankinnasta, valmistuksesta, käytöstä, huollosta ja hylkäyksestä. Ekologista elinjakson hallintaa tarkastellaan materiaalivirta- ja elinkaarianalyysien kautta. Elinkaarianalyysin tarkastelu painottuu vaikutusluokkien arvottamiseen. Materiaalivirta-analyysissä tarkastellaan ainevirtoja ja sitä kautta jätteiden määrän vähentämistä. (Hannula-Lundberg 2006).

Tekstiilimateriaalien elinkaariajattelussa tarkastellaan raaka-aineiden jaottelua ja maailman kuitutuotantoa. Tekstiilikuitujen ja -materiaalien vaikutus ekologisen elinjakson hallinnan vaiheisiin on riippuvainen raaka-aineiden alkuperästä. (Hannula-Lundberg 2006).

**Kestävä kehitys** on kehitystä, joka tyydyttää nykyhetken väestön tarpeet vaarantamatta tulevien sukupolvien mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa (Alma media 2008).

**MIPS, Material Input Per Serviceunit**, on materiaalivirtoihin perustuva ekotehokkuuden mittari, joka kertoo yhden hyödykkeen valmistamiseen kuluneen energian ja veden määrän. MIPS suhteuttaa materiaalikulutuksen siitä saatuun hyötyyn. Siinä on mukana myös tuotteen oma paino. MIPS-luvuilla arvioidaan kulunutta luonnonvarojen määrää tiettyä hyötyä kohden. Näin voidaan helposti vertailla saman palvelun tuottamista eri tavalla. MIPS-indeksi on kehitetty Saksassa, Wuppertal-instituutissa. (Wuppertal Institute 2003).

**MI**, materiaali-intensiviteetti on suhdeluku, joka kertoo aineen valmistukseen käytetyn ympäristökuorman. MI-lukujen yleiset kertoimet on esitelty liitteessä 1.(Tuomala 2008:12).

### **Martindale-menetelmä**

Kankaiden hankauksenkestävyyden määrittäminen Martindale-menetelmällä. Se sisältää osat SFS-EN ISO 12947-1...4. Standardisoitu Martindale-menetelmä on tarkoitettu nukattomien kudottujen ja neulottujen kankaiden hankauksenkeston mittaamiseen. Testissä tutkittava kangas kiinnitetään pyöreään alustaan, jota hangataan standardivillakangasta vasten pyörivällä liikkeellä. Hankauksenkestotuloksena ilmoitetaan kierrosmäärä, jonka jälkeen kaksi kankaan lankaa katkeaa. Martindale-menetelmällä määritetään myös kankaiden nyppyyntyminen eli pilling-ilmiö hankauksessa. (SFS-EN ISO 12947-1...4).

Vaikka tämä menetelmä ei varsinaisesti ole suunniteltu nukallisten kankaiden, kuten sametin ja flokkikankaiden tai kuitukankaiden, kuten Alcantaran testaukseen on Martindale-testi yleistynyt näidenkin kankaiden hankauksenkeston määrittäjänä. Näitä kankaita testattaessa ei kahden langan katkeamisen kriteeri välttämättä kerro kulumisen määrää. Tällöin Martindale-tuloksena tulisi ilmoittaa se kierrosmäärä, koska kankaassa tapahtuu vakavia muutoksia tai se menee puhki (Martindale end point). (Lauritzon's 2011).

Käytännössä huonekalukankaiden kulutuksenkeston voi jakaa komeen luokkaan:

perusvaatimus = vähintään 15 000 kierrosta

korkea vaatimus = vähintään 25 000 kierrosta

erittäin korkea vaatimus = vähintään 50 000 kierrosta. (Lauritzon's 2011)

### **Paloherkkyys**

Palamattomiksi luokiteltuja tekstiileitä ei lasikuitujen lisäksi ole olemassa. Kuitujen paloherkkyttä kuvataan LOI-luvulla. Mitä suurempi luku on, sitä paloturvallisempi tekstiili on. (Suojaanen 1997).

### **Paloturvallisuus**

SFS-EN ISO 6940 on kansainvälinen standardi, jossa esitellään tekstiilien pal ominaisuudet. Syttymisherkkyys määritellään pystysuorilla näytteillä. Tätä menetelmää käytetään arvioitaessa kankaiden käyttäytymistä liekkikosketuksessa kontrolloiduissa olosuhteissa. Tuloksia ei voida soveltaa tilanteisiin, joissa ilman saanti on rajoitettu tai kun tekstiili altistuu suurien sytytyslähteiden voimakkaammalle lämmölle. (SFS-EN ISO 6940).

### **Paloluokitus**

SL1 tai EN 1021-2 on julkitilan sisustuskankailta vaadittava paloturvallisuusluokitus, ns. liekkitesti (Lauritzon's 2011).

### **Palosuojaus**

Halutun kankaan palonkesto-ominaisuuksia voidaan parantaa oikeanlaisella palonsuojausmenetelmällä. Onnistuneella palonsuojauksella voidaan vähentää materiaalin syttymisherkkyyttä ja hidastaa palon leviämistä. Palosuojaus voidaan toteuttaa eri menetelmillä. Sisuste voidaan valmistaa raaka-aineista, jotka kestävät hyvin lämpöä. Sisusteen valmistuksessa raaka-aineeseen voidaan myös lisätä palosuoja-aineita tai niiden tavoin vaikuttavia aineita. Nämä aineet sitoutuvat valmistuksessa kiinteästi raaka-aineeseen ja niitä voidaan käyttää tekokuitujen ja muovimateriaalin valmistuksessa. Sisusteelle voidaan myös tehdä viimeistys tai jälkikäsittely palosuoja-aineella. (Rämö, Ylä-Sulkava 1999:17)

**Öko-Tex Standard 100** on ympäristösertifikaatti jonka saaneet tuotteet on tutkittu standardin mukaisten vaatimusten mukaan jossakin hyväksytyssä tutkimuslaitoksista. Tuotteiden sisältämien haitallisten aineiden määrät eivät saa ylittää tiettyjä raja-arvoja. Öko-Tex merkki on ainoa ympäristömerkki, joka on samalla myös tuoteturvallisuusmerkki ja merkki myönnetään vain vuodeksi kerrallaan. (Talvenmaa 1998: 75.)

### 3.2 Suunnittelutyön vaatimukset

Saadakseni mahdollisimman realistisen lopputuloksen, työssäni on ekologisuuden rinnalla muistettava sisustustekstiileihin kohdistuvat lait, standardit ja ohjeistukset. Auton sisustuksessa, kuten muissakin julkityötilan sisustuksissa on useita yleisiä ohjeistuksia. Näissä tiloissa käytettäville tekstiileille on tavallisesti määrätty esimerkiksi tietyt kulumisenkestävyys- ja paloturvallisuusstandardit. Tässä kappaleessa käsittelen sekä ekologiselta että autosisustuksen alalta tarvittavat vaatimukset, ja sen jälkeen mietin ja valitsen mahdolliset materiaalivaihtoehdot tarkasteltaviksi.

#### 3.2.1 Ekologisuus

Tekstiilien raaka-aineet jaetaan kahteen pääryhmään; luonnonkuituihin ja tekokuituihin. Luonnonkuituja saadaan kasveista ja eläimistä. Tekokuituja saadaan luonnosta (muuntokuidut), tai öljynjalostuksen sivutuotteena (synteettiset tekokuidut). (Talvenmaa 1998:13.) Ensimmäisenä ajatuksenani oli, että ekologinen tekstiili on ehdottomasti luonnonkuitu. Yleisimpien vaatetuksessa käytettävien luonnonkuitujen, kuten puuvilla, villa ja pellava, lisäksi vaihtoehtona voisi olla muita luonnonkuituja kuten juutti, rami tai hamppu. Nämä kasvikuidut muistuttavat ominaisuuksiltaan merkittävästi pellavaa. Kyseisiä kuituja käytetään laajalti matto- ja pakkausmateriaaleina. (Talvenmaa 1998:18.) Ne soveltuvat myös verhoilukankaiksi huomattavasti paremmin. Tutkittuani luonnonkuitujen valmistusta enemmän huomasin, että niiden ekologisuus ei ole itsestään selvä asia. Esimerkiksi puuvilla toki uusiutuu tietyn ajan kuluttua, mutta saadaksemme sen tekstiiliksi asti joudumme käyttämään valtavasti energiaa ja vettä (Talvenmaa 1998:15). Täytyy myös ottaa huomioon, että kaikkien luonnonkuitujen tehotuotanto aiheuttaa huomattavia ympäristöongelmia. Lisäksi ne vaativat useita viimeistelyjä, joita synteettiset tekokuidut eivät tarvitse. (Talvenmaa 1998:27.) Materiaalivertailuun en ole valinnut luonnonkuituja, sillä pelkästään puuvillan MI-kerroin on 22, kun synteettisten tekokuitujen vastaavat luvut liikkuvat kahden ja kuuden yksikön välillä (Wuppertal Institute 2003).

On perusteltua tarkastella myös tekokuituja mahdollisen ekologisuutensa puolesta. Muuntokuidut, kuten viskoosi, modaali ja lyocell valmistetaan yleensä selluloosakuiduis-



ta. Näiden raaka-aineet saadaan luonnosta erityisesti puista, kuten koivusta, kuusesta ja männystä. Muuntokuitujen osalta lähituotanto olisi mahdollista tehdä Suomessa, sillä Kuitu Finlandin (entinen Säteri Oy) tehdas Valkeakoskella valmistaa viskoosikuitua. Ekologisin vaihtoehto sekään ei välttämättä ole, sillä selluloosakuidun valmistusprosessi on vaativa ja pitkä. Prosessi vaatii myös runsaasti vettä sekä energiaa toimiakseen. Prosessin aikana vapautuu myös rikkihiili- ja rikkivetypäästöjä. (Talvenmaa 1998:23.) Kappaleessa 4.1 käsittelen selluloosakuituja tarkemmin.

Etukäteen vähiten ekologiselta kuulostanut vaihtoehto on synteettinen tekokuitu. Kyseessä on uusiutumattoman luonnonvaran käyttö, jonka valmistaminen kuluttaa paljon energiaa ja prosessista aiheutuu päästöjä vesistöön ja ilmaan. (Talvenmaa 1998:26.) Synteettisiä tekokuituja on useita laatuja, joista osassa saattaa olla ekologisikiin piirteitä. Näitä kuituja tutkin tarkemmin kappaleessa 4.2.

Riippumatta siitä, mikä materiaali tulee tutkimukseni päätteeksi olemaan mielestäni paras vaihtoehto, yhteiset ekologiset vaatimukset tälle valitulle materiaalille tulevat olemaan yleisesti tuotteen elinkaarta myötäilevät. Materiaalin täytyy olla hankittu mahdollisimman läheltä. Materiaalin tulee olla kehitetty ja valmistettu mahdollisimman vähän ympäristöä kuormittavasti. Materiaalin tulee olla kestävää, jotta se kestää koko sille oletetun käyttöiän. Sen tulee olla myös helposti huollettava ja lopuksi sen täytyy olla uudelleenkäytettävissä tai kierrätettävissä.

### 3.2.2 Auton sisustus

Autoteollisuudessa käytettävillä kankailla on erittäin tiukat laatuvaatimukset. Auton sisustuksessa käytettäville tekstiileille ei kuitenkaan ole määritelty omia standardeja. Konsultoin asiasta standardisoimisyhdistys Tevasta RY:n Auli Pylsyä (5.4.2011), ja hän suositteli käyttämään tässä tutkimusprojektissa julkitilan sisustuskankaisiin sovellettavia standardeja. Julkitilojen sisustuskankaiden on täytettävä SL1- tai EN 1021-2-paloturvallisuusluokitus. Standardi SFS-EN 14465 määrittelee huonekalukankaiden vaatimuksia ja testausmenetelmiä. Standardin liitteestä SFS-EN 14465/A1 löytyy taulukko, jossa on määritelty eri kankaiden hankauksenkesto Martindalella mitattuna. Taulukosta

1 näemme, että saavuttaakseen A-luokan on kankaan kestävä yli 35 000 kierrosta. Joidenkin kankaiden on kestävä jopa yli 45 000 kierrosta. (SFS 2011.)

Taulukko 1. Hankauksenkestoluokitus Martindalella mitattuna. (SFS)

Hankauksen-kesto	ks. tämän standardin liite A:	Kierros-lukumäärä (x 1000)	A	B	C
	Sileät kudokset		≥ 35	12-30	4-10
	Chenille-kankaat		≥ 35	12-30	4-10
	Neulokset		≥ 35	12-30	4-10
	Nukalliset kankaat leikatulla kankaalla		≥ 45	25-40	10-20
	Nukalliset kankaat leikkaamattomalla kankaalla		≥ 45	25-40	10-20
	Flokki		≥ 45	25-40	10-20
	Kuitukankaat		≥ 45	25-40	10-20
	Nukatut kankaat		≥ 35	12-30	4-10

Auton sisustuksessa käytetään tämän takia kaikkein kestävimpiä tekstiilejä, kuten nahkaa tai mokkanahkaa. Myös synteettinen versio mokkanahasta, Alcantara, on erittäin suosittu materiaali. Aito Alcantara on ainoa autoteollisuuden verhoilussa käyttämä makkajäljitelmäkangas. (Lauritzon's 2011.)

Autoteollisuuden vaatimukset ja esimerkit tukevat alussa esittämäni väitettä siitä, että autossa olevan tekstiilin on oltava todella kestävä. Paloturvallisuus on laissa säädetty, joten valitun materiaalin on luonnollisesti täytettävä siinä vaaditut pykälät. Materiaalien kestävyys liittyy viitekehyksessä määrittelemääni käytön osa-alueeseen, joka ei kuulu tutkimukseeni. Kestävyys voidaan tosin laskea osaksi tuotteen ekologisuutta, sillä kestävä tuotetta ei tarvitse uusia kesken sille asetetun eliniän. Tutkittavien materiaalien

kestävyys tulee siis olemaan yksi sivutekijä, joka vaikuttaa järjestykseen lopullista päätöstä tehdessä.

Standardien määrittäessä kulumisenkeston ja palonkeston ei autossa käytettävältä tekstiililtä vaadita lisäksi muuta kuin helppohoitoisuutta. Tekstiilin helppohoitoisuudelle ei ole määritelty standardia. Tähän ominaisuuteen voidaan vaikuttaa jo kuidunvalmistusvaiheessa. Valmiiseen tekstiiliin liitetään hoito-ohjeet, jotta tekstiilin hoito on oikeanlaista ja mahdollisimman helppoa.

Lisäksi julkitilan sisustuskankaalta vaaditaan tiettyä värinkestoaa, mutta sen tutkiminen tässä työssä ei ole relevanttia, sillä tekstiileissä käytettäviä värejä ei ole vielä määritelty.

## 4 Materiaalivertailua

Metropolian kestävä kehityksen kaupunkiauto valmistetaan tilaustyönä asiakkaalle. Suunnittelijat yhdessä opettajien kanssa ehdottavat ideoitaan asiakkaalle, ja he valitsevat mielestään parhaan vaihtoehdon. Asiakkaalle on siis pystyttävä esittämään ulkopuolisista vaikuttajista riippumattomia tutkimustuloksia. Opinnäytetyöprojektini alussa minulla ei ollut vielä tietoa, kuka työn tilaaja on. Saatavilla oli vain rajattua tietoa siitä, millä alalla kyseinen yritys toimii. Vasta kesken tutkimustyöni sain tietää, että tilaajan toiveesta auton sisustus tullaan valmistamaan selluloosapohjaisista materiaaleista.

Ekologisen tekstiilimateriaalin löytäminen ei ole helppoa. Kuiduista ja niiden valmistuksesta löytyy kuitenkin paljon tietoa, joten niiden vertaileminen on mahdollista. Kuten ekologisten vaatimusten kappaleessa kerroin, luonnonkuidut jäävät vertailuni ulkopuolelle merkittävien ympäristövaikutusten takia. Pyrin tutkimustyölläni myös osoittamaan vääräksi tekokuituihin liittyvän yleisesti vallitsevan negatiivisen ilmapiirin.

Valitsin tutkimukseeni vertailtavaksi selluloosakuidut; erityisesti viskoosin, modaalin ja lyocellin, synteettiset kuidut, kierrätysmuovikuidut ja biomuovikuidut. Nykyaikaisia kuitumateriaaleja vertailussani edustavat kierrätysmuovikuidut ja biomuovikuidut.

Tämän lisäksi tarkastelen mahdollisia toiminnallisia ominaisuuksia, joita kankaisiin voitaisiin liittää. Kappaleessa käsitellään myös tuotteen tärkein ominaisuus, eli hylkäys. Valmistettu tuote on olemassa, joten sen kierrätys ja uudelleenkäyttö on mietittävä jo suunnitteluvaiheessa. Jos tämä otetaan jo materiaalivaiheessa huomioon, on tuotteen loppusijoitus helpommin valittavissa. Ihanteellinen elinkaari tekstiilituotteelle on esitelty hyvin kuviossa 3.

### The ECO CIRCLE™ complete recycling system



Kuvio 3. Tekstiilituotteen elinkaari. Eco Circle, Teijin.

#### 4.1 Selluloosakuidut

Muuntokuidut kuten viskoosi, modaali ja lyocell valmistetaan yleensä selluloosakuiduista. Näiden raaka-aineet saadaan luonnosta, erityisesti puista kuten koivusta, kuusesta ja männystä. Matka selluloosasta muuntokuiduksi on vaikea ja pitkä prosessi. Se vaatii runsaasti vettä sekä energiaa toimiakseen. Prosessin aikana vapautuu runsaasti myös rikkihiili- ja rikkivetypäästöjä. (Talvenmaa 1998:23.) Nykyaikaisessa tehtaassa, ja nykyaikaisella tekniikalla tähän prosessiin voitaisiin tehdä lisääkin muutoksia. Lyocell-kuitu on hyvä esimerkki. Lyocell-kuitua valmistetaan suoraliuotusmenetelmällä, jossa ei käytetä rikkihiiltä ollenkaan. Prosessissa käytettävä NMMO-liuos otetaan talteen ja käytetään uudelleen. Jopa prosessissa käytettävä vesi kierrätetään. (Talvenmaa 1998:23.) Lyocellin valmistus täyttää siis ekologiset vaatimukset.

Viskoosikuituja voidaan käyttää filamentteina tai katkokuituina. Viskoosin huonoja puolia ovat kuitenkin sen rypistyminen, kutistuminen ja huono hankaus- sekä märkälujuus. Modaalilla nämä ominaisuudet ovat paremmat. Modaalikuidun valmistusprosessi on pääpiirteittäin sama kuin viskoosin. Modaalikuitu on kehitetty varta vasten, jotta saatai-

siin parannettua näitä viskoosin huonoja ominaisuuksia. Modaalissa molekyyliketjut pyritään pitämään mahdollisimman pitkinä. Näistä kolmesta muuntokuidusta lyocellkuitu vaikuttaa silti parhaalta. Se valmistetaan ympäristöystävällisemmällä tavalla. Se on ominaisuuksiltaan parempi vaihtoehto kuin viskoosi tai modaali, ja siitä valmistettua kangasta käytetään useaan erilaiseen tarkoitukseen. Lyocellia voidaan käyttää myös kuitukankaina tai teknisissä tekstiileissä. (Boncamper 1999: 235,236). Myös viskoosi tai modaali soveltuu käytettäväksi kuitukankaan muodossa, ja varsinkin palosuojattuna versiona kumpikin soveltuisi hyvin tähän projektiin. Palo-ominaisuuksiltaan nämä kuidut ovat samankaltaisia kuin puuvilla. Ilman palosuojasta selluloosakuituinen kangas voi olla helposti syttyvä ja nopeasti palava. Se ei kuitenkaan sula kuumuuden vaikutuksesta. (Ryynänen, Kallonen, Ahonen 2001:20,21.)

Viskoosista valmistetaan palosuojattuja kuituja modifioimalla selluloosakuitua. Palosuojattuna sen syttymistä määrittelevä happi-indeksi, LOI-arvo, on 27-30, eli se ei syty niin helposti. Kuitu Finlandin (entinen Säteri Oy) tehdas Valkeakoskella valmistaa viskoosikuitua. Visil on entisen Säteri Oy:n aikana Suomessa kehitetty paloturvalliseksi modifioitu viskoosikuitu. Visilin modifiointi on tehty piihapolla ( $\text{SiO}_2$ ). Visilin nykytilanteesta Kuitu Finland -tehtaalla ei ole saatavissa ajankohtaista tietoa. Myös muita paloturvalliseksi modifioituja viskoosikuituja on olemassa, mm. Lenzing Viscose FR, Danufil CS ja Tufban. (Ryynänen, Kallonen, Ahonen 2001: 15,28,46,47.)

Selluloosakuitujen palosuojaus saadaan aikaan orgaanisilla yhdisteillä. Nämä yhdisteet ohjaavat selluloosan hajoamista kuumuuden vaikutuksesta niin, ettei synny palavia hajoamistuotteita. Toinen erittäin tehokas palosuojaus saadaan Proban-käsittelyllä. Tässä käsittelyssä selluloosakuidun sisään ajetaan typpeä ja fosforia sisältävää yhdistettä, joka polymeroidaan kuidun sisälle. Tästä muodostunut polymeeri, Proban, ei reagoi kuidun kanssa eikä kangas tunnu palosuojatulta. Pyrovatex-käsittely on toinen vastaavanlainen palonsuojausmenetelmä. (Ryynänen, Kallonen, Ahonen 2001: 29,30.)

Palosuojatusta selluloosakuidusta tehty kangas täyttää julkitylän sisustuskankaalta vaadittavat palonkesto-ominaisuudet.

Liitteessä 1 näkyy, että viskoosin MI-kerroin on 7,5, joka on suhteellisen pieni luku. Modaalille ei vastaavaa lukua löytynyt, mutta johtuen samoista lähtöaineista ja samankaltaisesta valmistustekniikasta MI-kertoimen voi olettaa olevan lähellä samaa. Lyocellille ei myöskään löytynyt valmista MI-kerrointa, ja sen laskeminen on liian vaikea prosessi. Lyocellin MI-kertoimen voi kuitenkin olettaa olevan pienempi, sillä sen valmistaminen on huomattavasti ympäristöystävällisempää.

## 4.2 Synteettiset tekokuidut

Synteettisten tekokuitujen kaupallinen valmistus alkoi vasta 1940-luvulla. Synteettisten tekokuitujen raaka-aineena käytetään orgaanisia yhdisteitä, joita syntyy maaöljyn ja jalostusprosessissa. Näiden kuitujen suurimpana haittana pidetään maapallon uusiutumattomien raaka-ainevarojen käyttöä. Samoja varoja käytetään suuret määrät myös luonnonkuitujen kasvatuksessa ja valmistuksessa. Synteettisten tekokuitujen syyllistäminen ei siis ole mitenkään yksiselitteinen asia. Vaikka näiden kuitujen valmistaminen lopetettaisiin kokonaan, maaöljyn jalostaminen energianlähteeksi jatkuisi silti ennallaan, eikä päästöissä tapahtuisi merkittävää muutosta. Valmistamalla näitä kuituja saadaan ainakin hyödynnettyä energianjalostusprosessin sivutuotteita. Yleisimmät tekstiileissä käytettävät synteettiset tekokuidut ovat polyesteri, polyamidi, akryyli, polypropeeni ja elastaani. (Talvenmaa 1998: 24-27.)

Synteettiset kuidut ovat kevyitä ja kestäviä. Niistä valmistetut tuotteet ovat helppohoitaisia, kemiallisesti kestäviä, mutta valonkesto- ja palo-ominaisuuksiltaan vaihtelevia. Näihin kuituihin voidaan sekoittaa luonnonkuituja ja saada siten miellyttävämpi tuntu- ma. (TTY 2010: 4.)

### 4.2.1 Akryyli ja modakryyli

Akryyli on eräs tunnetuimmista synteettisistä tekokuiduista. Se on erittäin laajalti käytetty muovi kuitumarkkinoilla. Ominaisuuksiensa puolesta se soveltuu kuitenkin paremmin vaatetusteollisuuteen kuin sisustusteollisuuteen. Akryylin palo-ominaisuudet ovat heikot, ja viime vuosina palonsuojamääräysten tiukentuessa modifioitu akryyli, modakryyli, onkin syrjäyttänyt akryylin sisustusmateriaalina. (TTY 2010: 8.) Käyttötarkoitusta silmällä pitäen käsittelen tässä kappaleessa modakryyliä.

Ensimmäinen modakryyli tuli markkinoille vuonna 1949. Sitä valmistetaan samalla tavalla kuin akryyliä. Palo-ominaisuuksien parantamiseksi siihen vain lisätään vinyylikloridia tai vinylideenikloridia. Suurimmat käyttötarkoitukset ovat huonekalukankaat ja vaateet. (TTY 2010:8). Modakryylin muita hyviä ominaisuuksia ovat pehmeys ja joustavuus, muotopysyvyys ja helppo värjättävyys. Lisäksi kulutuskestävyys on hyvä. Huonekalukankaissa modakryyliin yhdistetään usein esimerkiksi viskoosia ja polyesteriä, jolloin kankaasta saadaan erittäin kestävä. Martindale-asteikolla mitattuna hankauksenkestoksi saadaan helposti yli 15 000.

Modakryylikuituja on useita markkinoilla, eikä niiden keskinäinen vertaileminen ole tarpeellista projektin kannalta. Mainittakoon silti muutama nykyinen kauppanimi kyseisille kuiduille, joita ovat mm. Lufnen, Protex ja Verel. Maininnan arvoisia auton sisustusta ajatellen ovat erityisesti muutamit erikoistarkoituksiin kehitetyt modakryylit, joissa palonkestävyyttä on parannettu jo kehruuvaiheessa lisättävällä palonsuoja-aineella. Näitä ovat mm. Teklan, Trevira 270 ja verel Modacrylic. Lisäksi akryylistä voidaan valmistaa bi-komponenttikuituja, jotka soveltuvat hyvin kuitukankaiksi. (TTY 2010: 8.)

#### 4.2.2 Polyamidi

Kauppanimeltään Nylon eli polyamidi on kenties yksi potentiaalisimmista materiaaleista auton sisustusta mietittäessä. Sillä on suuri veto- ja hankauslujuus, ja sen vuoksi sitä käytetään laajalti mm. huonekalukankaina. Aivan kuten modakryylitkin, polyamidit ovat joustavia, kevyitä ja helppohoitoisia. Ne kestävät kovaa rasitusta eivätkä menetä muotoaan. Tämän takia ne ovat ihanteellisia verhoilutarkoituksiin. Huonoa niissä on helppo sähköistyvyys ja heikko auringon UV-säteilyn kestävyys. Voisi kuvitella, ettei niitä kannata auton sisustamiseen tällöin käyttää, mutta näitä ominaisuuksia on mahdollista parantaa erilaisilla käsittelyillä. (TTY 2010: 9,10,12.)

#### 4.2.3 Polyesteri

Polyesteri eli polyteenitereftalaatti tunnetaan myös lyhenteellä PET. Se on yleisin kovamuovilaatu. Polyesterikuidut saivat alkunsa jo 1930-luvulla, mutta silloin ne eivät



soveltuneet vielä tekstiilikäyttöön. Tutkimuksia jatkettiin toisen maailmansodan aikana ja huomattiin polyesterikuidun hyvät ominaisuudet tekstiilimateriaalina. Vasta sodan jälkeen vuonna 1945 aika oli kypsä uuden tekstiilikuidun julkaisemiselle. PET-kuidun ehkä tunnetuin kauppanimi, Terylene, julkaistiin Britanniassa. (TTY 2010: 16.)

Polyesterillä on paljon hyviä ominaisuuksia. Muutamia mainitakseni sillä on suuri lujuus ja jäykkyys, hyvät sähköiset eristysominaisuudet sekä hyvät kulumisominaisuudet. (TTY 2010: 17.) PET-muovia valmistetaan paljon, ja sitä pystytään kierrättämään sekä uudelleen käyttämään niin tehokkaasti, että tämän projektin kannalta sitä ei kannata tutkia ekologisena vaihtoehtona.

Polyestereistä löytyy kuitenkin muita mielenkiintoisia vaihtoehtoja. PBT, polybuteenitereftalaatti, on valmistustavoistaan johtuen hieman PET-muovia sitkeämpää. Samalla se on myös jäykkydeltään hieman heikompaa. Se kehitettiin alun perin juuri tekstiilimateriaaliksi, mutta siitä tulikin tärkeämpi teknisenä muovina. Siitä valmistetaan edelleen esim. kokolattiamattoja hyvän puristuskimmoisuutensa vuoksi. Voisikin kuvitella sen olevan hyvää materiaalia auton lattiamattoja varten. PBT soveltuu hyvin myös kuitukankaaksi ominaisuuksiensa vuoksi. Sen hyviin ominaisuuksiin tekstiilinä lukeutuvat mm. rypistymättömyys, oikeneminen pesun jälkeen, nopea kuivuminen, mittapysyvyys ja helppo puhdistettavuus. Huonoista ominaisuuksista voidaan mainita helppo sähköistyvyys. (TTY 2010:18.) Toinen huomion arvoinen kestopuovi on PTT, jota käytetään tekstiilimateriaalina. PTT-kuitu, jota on saatavilla esimerkiksi matto- ja tekstiilikuituina, pitkinä kuituina sekä erittäin kiinnostavina non-woven -kankaina on kauppanimeltään Corterra. Taulukossa 2 on vertailtu eri polyestereiden ja polyamidi 6.6:n ominaisuuksia.

Taulukko 2. Polyestereiden ja polyamidin ominaisuuksia.

Ominaisuus	PTT	PET(perinteinen)	PBT	PA 6.6
Vetolujuus (cN/dtex)	3.4 - 3.7	3.7 - 4.4	3.5	4.1 - 4.5
Murtovenymä (%)	36 - 42	30 - 38	38	32 - 44
Palautuma 20% venytyksen jälkeen (%)	88	29	40	62
Ominaispaino	1.34	1.38	1.34	1.14
Kosteudenimeytyminen (%)	0.4	0.4	0.4	4.5
Sulamispiste (°C)	230	254	230	253

Polyesteriä voidaan myös modifioida jos pyritään saavuttamaan haluttuja ominaisuuksia. Projektin kannalta merkityksellinen versio ovat palosuojakuidut, jotka valmistetaan esimerkiksi oksastamalla palonsuoja-aine kuitumolekyylisiin. Sisustusmateriaalina käytettävän tällaisen kuidun kaupp nimi on Trevira CS. Polyesterikuitua modifioimalla tuotettu Avora FR on myös palosuojakuitu, jota käytetään nimenomaan kulkuneuvojen verhoilukankaina. (TTY 2010:19-21.)

#### 4.2.4 Polyeteeni ja polypropeeni

Polyeteeni ja polypropeeni ovat kummatkin polyolefiinimuoveja. Polyolefiinit muodostavat yli 50 % koko maailmassa käytetyistä muoveista, ja näistä polyeteenit ja polypropeenit vastaavat määrällisesti ylivoimaisesti suurimman osan tästä kaikesta. (TTY 2010:24.)

Propeenit syntyvät öljynjalostuksen yhteydessä sivutuotteena ja rinnakkaistuotteena eteenin valmistuksessa. Polypropeenikuituja valmistetaan samalla menetelmällä kuin polyeteenikuituja. Polyeteeni jalostetaan yleisimmin filamenttimuotoon, mutta siitä valmistetaan myös katkemuodossa olevia kuituja sekä erityislajia kuituja. Se on erittäin

hyvä istuinpäällisten ja erilaisten suojapeitekankaiden materiaali. Sen hyviä puolia ovat halpa hinta, helppohoitoisuus, kestävyys sekä värinkesto. Polypropeenikuiduista valmistetaan mm. geotekstiilejä ja mattoja. Sillä on samankaltaiset hyvät ominaisuudet kuin polyeteenillä, sen valmistaminen on nopeaa ja edullista ja se sopii paremmin tekstiilimateriaaliksi kuin polyeteeni. Tämän takia se on kiinnostanut kuidunvalmistajia jo pidempään. (TTY 2010:25-27.)

Polypropeenikuiduista saadaan valmistettua myös erikoislujia kuituja, joita käytetään autoteollisuudessa mm. verhoilukankaina. Kauppanimeltään Alpha on autoteollisuuden sisustusmateriaaliksi valmistettu kuitu. Hyvien ominaisuuksiensa puolesta siitä voidaan valmistaa istuinpäällisten ja mattojen lisäksi myös valetut kovat sisustuksen osat. (Boncamper 1999: 309.)

TTY:n ja LAMK:n tekemä tutkimus muoveista vaate- ja sisustustekniikassa tietää kertoa myös, että Suomesta löytyy polypropeiinituotteiden valmistajia (TTY 2010:25). Lähi- ja kaukutuotanto polypropeinitekstiileille auton sisustamista varten voisi kenties olla mahdollista. Lisäksi taulukosta 3 nähtävien MIPS-lukujen myötä on perusteltua sanoa, että polypropeiini on kaikkein ekologisin synteettinen tekokuitu.

#### 4.2.5 Elastaani ja polyuretaani

Polyuretaania käytetään useissa eri käyttötarkoituksissa, mutta laajalti myös tekstiileissä. Se on tehokas lämmöneriste. Normaaleissa olosuhteissa se ei vety eikä lahoa. Ensimmäinen polyuretaanikuitu tuli markkinoille Saksassa vuonna 1937. DuPont, merkittävä muovikuitujen valmistaja Yhdysvalloissa kehitti tästä polyuretaanikuidusta segmenttoimalla elastisen kuidun vuonna 1959 ja aloitti sen kaupallisen tuotannon seuraavana vuonna Fibre K-kauppanimellä. Nykyään se tunnetaan paremmin nimellä Lycra. Tavallisesti sitä käytetään puuvillan, silkin tai synteettisten kuitujen kanssa sekoitteena. Lycra on joustava kuitu, vastaavanlainen ominaisuuksiltaan kuin elastaani. (TTY 2010:27,28.)

Elastaani eli elastinen polyuretaanikuitu on kehitetty polyuretaanista ja se kuuluu synteettisiin tekokuituihin. Nimensä mukaisesti sen ominaisuuksia on elastisuus ja kim-

moisuus. Kun elastaania venytetään jopa kolminkertaiseen pituuteensa ja päästetään vapaaksi, se palautuu nopeasti alkuperäiseen pituuteensa. Yleensä sitä käytetäänkin joustavuutta vaativiin materiaaleihin ja tuotteisiin. Tavallisesti sitä käytetään filamenttina ja sekoitteena muiden kuitujen kanssa, ei koskaan yksin. Autosisustuksen kannalta merkittävä tieto on, että kudotuissa kankaissa sitä käytetään parantamaan joustavuutta. (TTY 2010:27,28.)

Taulukosta 3 nähdään, että polyuretaanin valmistukseen kuluu suhteellisen suuri määrä vettä ja ilmaa verrattuna muihin synteettisiin tekokuituihin. Abioottisia materiaaleja kuluu suurinpiirtein saman verran.

Taulukko 3. Yleisimpien synteettisten tekokuitujen MIPS-tilaus.

Materiaali	Abioot.	Vesi	Ilma	Mistä
Polyamidi PA 6.6	5.51	921.0	4.613	EU
Polyeteeni HD	2.52	105.9	1.904	EU
Polyeteeni LD	2.49	122.2	1.617	EU
PET	6.45	294.2	3.723	EU
Polyesteri	8.10	278.0	3.730	World
Polypropeeni	2.09	35.8	1.482	EU
Polyuretaani	6.31	505.1	3.563	EU

#### 4.2.6 Mikrokuitukankaat

Mikrokuitukankaista kenties tunnetuin on Alcantara. Se on ainoa alkuperäinen ultramikrokuitukangas ja ainoa autoteollisuuden käyttämä makkajäljitelmäkangas. Lähes kaikki muut sen jäljitelmat ovat kudottuja kankaita, jotka on vain pintakäsitelty makkapintaisiksi. Alcantara on kuitukangas, eli non-woven -kangas. Sen hyviä puolia ovat erin-

omainen kestävyys, pehmeys, monikäyttöisyys ja oikein hoidettuna se on erittäin pitkäikäinen. Se on myös Ökötex-sertifioitu materiaali. (Lauritzon's 2011.)

Alcantaran kestävyyttä ei varsinaisesti voi mitata Martindalella, koska se on kuitukangas. Tätä lukua kuitenkin pidetään yleisesti merkittävänä tietona kankaan kestävydestä, jonka takia myös Alcantaralle kerrotaan kaksi lukua. Alcantarassa ei havaita 30 000 Martindale-kierroksen kohdalla minkäänlaisia muutoksia. Vasta 150 000 Martindale-kierroksen jälkeen se kuluu puhki, eli Martindale end-point saavutetaan. Vain erittäin harvat kudotut kankaat saavuttavat näin korkean luvun. Yksikään mokaajäljitelmäkangas ei saavuta näin korkeaa lukua. (Lauritzon's 2011, Alcantara:n, 2011 mukaan.)

### 4.3 Kierrätysmuovit

Kierrätysmuovi kuitumateriaalina on nimensä mukaisestikin erittäin ekologinen vaihtoehto.

”Materiaalien kierrättäminen vähentää merkittävästi luonnosta saatavien raaka-aineiden käyttöä ja vähentää näin ympäristön kuormitusta” (Lassila & Tikanoja 2008.)

Maailmassa tuotetaan vuosittain 100 miljoonaa tonnia muovia, ja kysyntä vain kasvaa. Pelkästään Yhdysvalloissa muovin valmistukseen käytetään kaksi miljoonaa tynnyriä öljyä päivässä, mikä on kymmenesosa maan öljyn kokonaiskulutuksesta. Muovia tästä öljymäärästä saadaan vajaan 160 miljardia kiloa vuodessa. Maailmanlaajuisesti muovin valmistuksen määrä on niin suuri, että sitä ei yksittäinen suunnittelija suunnitellessaan aina tule ajatelleeksi. Muovityyppejä on lukuisia, eikä kuluttaja niitä välttämättä pysty erottamaan. Kierrätykseen erikoistuneilla yrityksillä on erotteluun hyvät valmiudet, ja varmasti myös mahdollisuudet valmistaa kuituja oikeanlaisista muoveista. Tunnistettavimman kierrätettävä muovityyppi on PET. (Seppänen 2008.)

Kuluttajalle PET-muovi on tunnistettavimmassa muodossa virvokejuomapulloissa. Suomessa muovipullojen kierrätystä hoitava PALPA kertoo niiden palautusasteen olleen vuonna 2010 92 % (PALPA 2011). Suomessa ollaan siis erittäin aktiivisia muovipullojen kierrätyksen suhteen. Toisin on esimerkiksi Yhdysvalloissa. Yhdysvalloissa käytetään

jokaisen kymmenen minuutin aikana kaksi miljoonaa muovipulloa ja vuosittain 51 miljardia muovipulloa joutuu kaatopaikoille (Foss Manufacturing Company, LLC 2010).

Kartoittaessani yrityksiä, jotka valmistavat kierrätysmuovikuituja löysin mielenkiintoisen amerikkalaisen yrityksen. Foss Manufacturing Company, LLC, kertoo tarkkaa tietoa sivuillaan Eco-fi-nimisestä kuidusta. Eco-fi, entiseltä nimeltään Ecospun, on vahva kuitu, joka valmistetaan 100-prosenttisesti kierrätetystä PET-muovista. Sitä käytetään useaan eri tarkoitukseen, mukaan lukien myös auton sisustukseen. Yhteen henkilöauton takapenkkiin tarvittavan kankaan valmistukseen tarvitaan n.90 muovipulloa. Alle 30 % Yhdysvalloissa käytetyistä muovipulloista kierrätetään. (Foss Manufacturing Company, LLC 2010.) Materiaalia riittää siis lähes loputtomiin. Kuviossa 4 on näytetty PET-muovipullon kiertokulku pullosta tekstiilikuiduksi asti.



Kuvio 4. PET-muovin kierrättäminen.

Kierrätetystä PET-muovista kuidun valmistaminen on yhtä helppoa teknisesti kuin polyesterikuidun valmistus uudesta PET-muovista (Reware 2011). Valmistaminen ei siis ole kynnyskysymys käsitellessä kierrätysmuovia mahdollisena materiaaliveikotena. Kansainvälisellä tasolla löytyy useita valmistajia, jotka valmistavat kuituja ja tekstiilejä kierrätetystä PET-muovista. Kierrätettyä PET-muovia käytetäänkin tekstiiliteollisuudessa nykyään erittäin laajalti. Suuret urheiluvaatevalmistajat, kuten Rip Curl ja Billabong, käyttävät kierrätysmuovia tuotteissaan (Rip Curl 2011; Billabong 2008).

MIPS-indeksin mukaan polyesterilangan MI-kerroin on 8,1. PET-muovin MI-kerroin on matalampi, 6,45. Kun kyseessä on jo olemassa oleva muovimateriaali, joka tässä tapauksessa jalostetaan edelleen kiuksi, voidaan olettaa sen ekologisen jalanjäljen olevan huomattavasti pienempi. Esimerkiksi vertailtaessa PET-muovipullon ja kierrätetyn PET-muovipullon ekologisia jalanjälkiä, käytettäessä kierrätettyä PET-muovia abiottisten materiaalien määrä vähenee 25 prosenttia (Burger, Giljum, Manstein, Hinterberger 2009: 11).

PET-muovin käyttämistä uudelleen tekstiilikuituna voidaan pitää erittäin ekologisena vaihtoehtona niin materiaaliltaan ja ominaisuuksiltaan kuin valmistamiseltaan ja tuottamiseltaan.

#### 4.4 Biomuovit

Biomuovi kuulostaa materiaalina tuoreelta, mielenkiintoiselta ja todella ekologiselta vaihtoehdolta. Onkin syytä käsitellä biomuoveja syvemmin, jos niistä löytyisi vaihtoehto öljypohjaisille muoveille. Kierrätysmuovien kohdalla jo kerroin, kuinka suuri maailman muovituotanto on tänä päivänä. Öljyä ei enää riitä rajattomasti muovintuotantoon, joten muovinvalmistajat ovat siirtyneet osittain jo kasveista valmistettaviin muoveihin. Biomuovia voidaan valmistaa esimerkiksi kasviöljystä, maissitärkkelyksestä, kasvien kuiduista, oljesta tai jopa jät-paperista. Yleisimmät valmistusmenetelmät ovat luonnollinen käymisprosessi ja kuumentaminen. Yhdysvaltalainen yritys Metabolix kehittää menetelmää, jossa hyödynnettäisiin luonnon fotosynteesiä. (Seppänen 2008.)



Jo vuonna 2003 uutisoitiin suomen olevan uusiutuvan biomuovikehityksen kärkimaa Euroopassa. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, VTT oli kehittänyt uuden biokomposiittimuovin, jonka lujitusaineena oli käytetty pellavakuituja. Tutkimuksen tuloksena saatiin biomuoville myös halutut mekaaniset lujuusominaisuudet. Samassa artikkelissa kerrottiin myös eurooppalaisen autoteollisuuden käyttävän pellavakuitua lujitteena, mutta seostettuna uusiutumattomaan muoviraaka-aineeseen. (Heiska 2003).

Biomuovien kestävydestä ollaan kuitenkin vielä osin epävarmoja. Ne sulavat jo suhteellisen alhaisissa lämpötiloissa, mikä osaltaan rajaa niiden käyttöaluetta. Tästä ei tekstiiliteollisuudessa kuitenkaan pitäisi olla liian suurta haittaa. Biomuoveista valmistetaan myös luonnollisesti hajoavia tuotteita, kuten elintarvikepakkauksia ja talousjättemuovipusseja, jotka kompostoituvat. Hajoamattomia biomuoveja käytetään jossain määrin myös rakennus- ja autoteollisuudessa, mutta näissä käyttötarkoituksissa tavoite ei ole ollut luonnossa hajoava tuote, vaan valmistaa tuote luonnonmukaisista materiaaleista. (Seppänen 2008.)

Biopolymeerillä ja -muovilla tarkoitetaan biomateriaalia, jonka pääainesosa on kasvikunnasta peräisin oleva polymeeri, joka erotetaan muista kasvikomponenteista tai jalostetaan joko kemiallisesti tai bioteknisesti. Esimerkkinä ensimmäisestä ryhmästä ovat selluloosa, tärkkelys, luonnonkumi ja bakteereissa muodostuneet polyesterit. Jälkimmäiseen ryhmään kuuluu polymeerejä, joiden raaka-aineena käytetyt monomeerit on valmistettu käymisreaktion tuotteina. Käymisprosessi on ollut tunnettu jo vuosituhansia, mutta vasta viimeisten vuosien aikana sitä on alettu soveltaa muoviteollisuudessa. (TTY 2010:34.)

Biohajoavat polymeerit voidaan jakaa kahteen ryhmään: synteettisiin ja luonnonpolymeereihin. Luonnon biohajoavia polymeerejä ovat aiemmin esitettyjen lisäksi polysakkaridit, kuten tärkkelys, algiini ja kitiini, sekä proteiinit, kuten kollageeni, elastiini ja keratiini. Synteettisiä biohajoavia polymeerejä voidaan valmistaa kontrolloidusti ja näin pitää kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet samoina eri valmistuserissä. (TTY 2010:35).

Biohajoavien polymeerien ja muovien markkinoita kasvattavat lisääntyvät ympäristönsuojeluvaatimukset, jätteiden käsittely ja kompostointi sekä biohajoavien materiaalien uudet innovaatiot. Markkinoille on tullut viime vuosina uusia biohajoavia polyestereitä, jotka ovat joko alifaattisia polyestereitä tai alifaattis-aromaattisia kopolyestereitä. Tällaisten biopolymeerien kysynnän arvioidaan kasvavan noin 30 % vuodessa. Synteettiset biohajoavat polyesterit voidaan valmistaa modifioimalla PET:n polymeroitumisprosessia. Näin valmistetut biohajoavat tuotteet hajoavat normaaleissa kompostointiolosuhteissa noin 12 viikossa aerobisissa olosuhteissa. (TTY 2010:35).

Kierrätetyn PET-muovin lisäksi vaihtoehtona voisi olla siis modifioitu biohajoava PET-muovi. Mielestäni tämänkaltaiselle tutkimustyölle pitäisi antaa taloudellista tukea, jotta kehittyisimme tuotesuunnittelussa oikeaan, kestävämmän kehityksen suuntaan. Jos teollisuus kehittää jo määrätietoisesti kierrätettäviä ja luonnossa hajoavia muoveja, ei mielestäni ole millään tavalla perusteltua tänä päivänä suunnitella mitään uutta tuotetta öljypohjaisesta muovista. Tanskalainen suunnittelija Anders Koefoed tukee väitettäni ja kertoo kotisivuillaan, että modernit biomuovit voivat tänä päivänä olla yhtä vahvoja ja säänkestäviä kuin öljypohjaiset muovitkin. (Koefoed 2011.)

#### 4.5 Tekstiileihin liitettävät toiminnot

Tulevaisuuden kannalta kiinnostavin asia tekstiilien tutkimisessa ja valmistuksessa on ehdottomasti toiminnot ja teknisyydet joita niihin voidaan liittää. Samalla tavalla kun tekstiileitä palosuojataan, niihin voidaan lisätä lähes mitä tahansa aineita. Teknisiä tekstiileitä on tutkittu jo kymmenien vuosien ajan, mutta suurimmat keksinnöt ovat vasta tulossa. Jo nyt on esimerkiksi mahdollista sisällyttää tekstiiliin mikrokapseloituja aineita, kuten hyttysmyrkkyä tai lääkeaineita. Mikrokapseloitu aine siirtyy vähitellen käytön yhteydessä iholle ja käyttöympäristöön. (Boncamper 1999: 343, 344).

Teknisiä ominaisuuksia käytetään jo tekstiileissä laajalti hyödyksi mm. sairaala- ja rakennustekstiileissä. Ihmiskehossa sulavat langat ja sulavat tukirakenteet ovat hyvä esimerkki siitä miten pitkälle kuitutekniikka on viety. Biotekniikan yhdistyminen tekstiilitekniikkaan on tällä sektorilla pisimmällä. (Boncamper 1999: 344).

Pintamodifiointi mahdollistaa kuidulle annettavaksi haluttuja ominaisuuksia kehruun jälkeen. Mikrokuitukankaisiin tällaisia ominaisuuksia jo valmistetaan, mutta nanoteknisten kuitujen puolella voidaan odottaa tulevaisuudessa suuriakin innovaatioita. Niihin perehtyminen tämän työn puitteissa ei kuitenkaan ole mahdollista.

Tampereen Teknillinen Yliopisto on yksi maailman johtavia teknisten tekstiilien ja kuituteknologian tutkimuslaitoksia. TTY:n laboratoriossa tutkitaan mm. nanoteknologiaa kuitumateriaaleissa, valon ja sähkönsä johtamista kuiduissa, toiminnallisten ja älyllisten tekstiilien toimintaa, biohajoavia ja bioaktiivisia kuituja sekä bioteknologiaan perustuvia selluloosakuituja. (TTY 2006).

#### 4.6 Kierrätys ja uudelleenkäyttö

Ekologista tekstiiliä suunniteltaessa tärkein osa-alue on elinkaaren viimeinen vaihe, hylkäys. Ympäristön kannalta kierrättäminen on tärkeää, sillä se vähentää sekä tarvittavien raaka-aineiden määrää, että hävitettävien jätteiden määrää. (Suojanen 1997: 61.) Jos tekstiili valmistetaan materiaalista, joka ei ole kierrätettävissä, on sen ekologinen perustelu mahdotonta. Tämän päivän menetelmillä tosin lähes kaikkien yleisimpien materiaalien kierrättäminen on mahdollista. Tekstiilien kierrätykseen ja uudelleenkäyttöön on useita eri mahdollisuuksia, joista käyn tässä kappaleessa tärkeimmät läpi vertailussa olleiden kuitumateriaalien osalta.

##### 4.6.1 Mekaaninen kierrätys

Mekaaninen kierrätys eli repiminen on vanhin tekstiilien kierrätysmenetelmä, jota on käytetty jo 1800-luvulta saakka. Silloin kehitettiin ensimmäiset repimäkoneet, jotka silppusivat elämänsä lopussa olevat tekstiilit takaisin kuitumuotoonsa. Se oli aikansa ainoa kierrätysvaihtoehto. (Talvenmaa 1998: 68.)

Repimistä käytetään edelleenkin kierrätysmenetelmänä. Nykyään revityt kuitumateriaalit karstataan ja näin saadusta uusiokuidusta voidaan kehrätä lankaa tai valmistaa erilaisia kuitukangastuotteita. (Talvenmaa 1998: 68.) Tällä menetelmällä voidaan kierrät-

tää kaikenlaisia kuitumateriaaleja. Näin ollen mikä tahansa tähän projektiin valittu kuitumateriaali sopii kierrätettäväksi repimällä.

#### 4.6.2 Sulattaminen

Sulatusmenetelmässä kuituaines sulatetaan ensin lämmön avulla ja edelleen valmistetaan muovituotteiden raaka-aineiksi. Näinollen tämä menetelmä soveltuu vain synteettisille tekokuiduille. Periaattessa olisi mahdollista valmistaa myös uutta kuitua tällä menetelmällä, mutta syntynyt uusiokuitu ei olisi tarpeeksi vahvaa. Lisäksi maailmasta löytyy sulatettavaa muovimateriaalia ilman tekstiilejäkin jo runsaasti. Sulatusmenetelmän ongelmana on sekoitemateriaalit, sillä seassa olevat mahdolliset luonnonkuidut heikentävät uusiomuovin kestävyyttä. (Talvenmaa 1998: 68). Sulatusmenetelmä ei sovellu siis kaikille tutkimuksessani oleville kuiduille.

#### 4.6.3 Kemiallinen kierrätys

Synteettisistä tekokuiduista voidaan valmistaa uutta raaka-ainetta myös kemiallisesti. Tässä prosessissa materiaali hajotetaan molekyylitasolle, eli lähtöaineiksi, jonka jälkeen niistä voidaan valmistaa alkuperäisten kuitujen laatua vastaavia uusiokuituja. Tämä on kallis ja hankala, mutta toisaalta erittäin laadukas kierrätysmenetelmä. (Talvenmaa 1998:68). Menetelmä soveltuu tänä päivänä myös sekoitekankaille. Luonnonkuitujen kemiallisessa kierrätyksessä kuidun pituus kuitenkin lyhenee, eikä saatu uusiokuitu näin ollen ole laadultaan alkuperäisen kuidun veroista. (Kasurinen 2010:28). Projektia ajatellen kemiallinen tekstiilien kierrätys on mahdollinen vaihtoehto sekä selluloosakuiduille, että synteettisille tekokuiduille.

#### 4.6.4 Kompostointi

Yleisin ohje johon kuluttaja tekstiilien kohdalla törmää on, että niitä ei saa laittaa kompostiin. Tämä johtuu sekoitekankaiden suuresta määrästä. Synteettiset tekokuidut eivät maadu, ja pilaavat kompostointiprosessin. Kompostointi on kuitenkin nousemassa tärkeäksi tekstiilinkierrätysmenetelmäksi uusien biokuitujen ansiosta. Kompostoinnista tekstiilienkierrätysmenetelmänä ei silti ole saatavilla juurikaan tietoa. On kuitenkin sel-

vää, että tulevaisuudessa se tulee olemaan merkittävä keino vähentää tekstiilijätteen määrää, sekä olemaan vaikuttava tekijä suunnitellessa uusia tuotteita. Se on helppo, kustannustehokas kierrätysmenetelmä, joka sopii kaikentasoisille kuluttajille.

#### 4.6.5 Uusiokäyttö

Kaikenlaiset tekstiilit soveltuvat hyvin kierrätettäväksi. Ensisijaisena tavoitteena tekstiilien uusiokäytölle onkin materiaalin käyttö sellaisiin tarkoituksiin mihin se soveltuu. Vasta toissijaisena hyödynnettäisiin raaka-aineen energia. (Talvenmaa 1998:68,69). Teollisuudesta, myös autoteollisuudesta, saatava tekstiilijäte on yleensä puhdasta ja helposti hyödynnettävissä. Todella ekologinen valinta auton sisustamiselle olisi mielestäni kierrätystekstiili. Teollisuudessa käytettävät tekstiilit ovat yleensä vahvoja, kenties kuitukankaita, ja kestäisivät varmasti käyttöä uudelleen. Kierrätettyä tekstiiliä käyttämällä välttyttäisiin uuden materiaalin tuottamiselta ja näin oltaisiin ekologisuuden lähtöpis-  
teessä. Ongelmana kierrätetyllä tekstiilillä ovat kustannukset. Jotta kierrätystekstiilin käyttäminen kannattaisi teollisella tasolla, sen pitäisi olla halvempaa kuin alkuperäisen raaka-aineen. (Talvenmaa 1998:69.)

## 5 Yhteenveto ja analysointi

Eri kuitujen ja kankaiden vertailu ekologiselta kannalta on vaikeaa. Ei ole annettavissa yksioikoista vastausta siihen, mikä on ekologinen ja mikä ei. Tekstiilin elinkaareissa niin moni asia vaikuttaa lopulliseen ekologisuuteen. Vertailua voi suorittaa kuitenkin tietyillä reunaehdoilla, jotta saataisiin jotain konkreettista tietoa aikaiseksi. Valitsin vertailuni kohteeksi selluloosapohjaiset kuidut; viskoosi, modaali ja lyocell sekä yleisimmät tekstiiliteollisuudessa käytettävät synteettiset tekokuidut; Akryyli, modakryyli, polyamidi, polyesteri, polyeteeni, polypropeeni, elastaani ja polyuretaani. Näiden lisäksi tutkin kierrätysmuovikuitujen ja biomuovikuitujen ominaisuuksia. Lisäksi otin vertailuun mukaan autoteollisuudessa yleisimmin käytettävän mikrokuitukankaan, Alcantaran. Luonnonkuituja en ottanut vertailuun mukaan sillä mielestäni niiden kasvatuksesta ja valmistuksesta aiheutuvat ympäristöhaitat ovat liian suuria, jotta niistä voitaisiin puhua ekologisina materiaaleina.

Materiaalien vertailua voisi suorittaa aina kasvatuksesta jalostukseen asti ja tuotannosta kuljetuksen kautta käyttöön asti, mutta opinnäytetyöni viitekehys ei anna näin laajalle tutkimukselle tilaa. Sen takia valitsemiani kuitumateriaaleja vertailtiin ainoastaan autoteollisuuden ja sisustamisen asettamien vaatimusten sekä ekologisten vaatimusten perusteella. Näitä olivat paloturvallisuus, kulumisenkesto sekä tuotannosta ympäristölle aiheutuva rasitus. Paloturvallisuutta vertailtiin kuitujen mahdollisia palonsuojauksia tutkimalla. Paloturvallisuudesta kertoo myös osaltaan se, että käytetäänkö sitä jo julkis-tilan sisustuskankaana. Kulumisenkestoa ei mitattu, sillä rajasin tekstiilin käytön viitekehykseni ulkopuolelle tarpeettomana tutkimiskohteena. Kulumisenkestoa kuitenkin käsitellään kuitujen kohdalla olemassaolevien kankaankulumisenkestoa mittaavien taulukoiden avulla, sillä kestävä kangas on samalla ekologinen kangas. Ympäristövaikutusta tutkittiin MIPS-asteikon ja MI-mittarin avulla. Saadut numerot ovat Wuppertal-instituutin tutkimia, ja käytin niitä vain vertailevina arvoina. Kierrätystä on vertailtu parhaan mahdollisen kierrätystavan avulla. Taulukossa 4 on nähtävillä kaikki tarvittava tieto kaikista vertailussa olleista kuiduista.

Taulukko 4. Materiaalien vertailu

Materiaali	Palosuojaus	MI-kerroin	Kierrätettävyys
Viskoosi	Mahdollinen	7.5	Kemiallinen
Modaali	Mahdollinen	7.5 (oletus)	Kemiallinen
Lyocell	Mahdollinen	Ei tietoa saatavilla, oletus on < 7.5	Kemiallinen
Modakryyli	Mahdollinen	Ei tietoa saatavilla	Kemiallinen
Polyamidi	Mahdollinen	Ei tietoa saatavilla	Kemiallinen
Polyesteri, kuitu	Mahdollinen	3.6	Kemiallinen
Polyeteeni	Mahdollinen	5.4	Kemiallinen
Polypropeeni	Mahdollinen	Ei tietoa saatavilla, oletus on 5.4	Kemiallinen
Elastaani	Mahdollinen	Ei tietoa saatavilla	Kemiallinen
Polyuretaani	Mahdollinen	Ei tietoa saatavilla	Kemiallinen
Alcantara	SL-2 (saa myös Avant-laatusa, paloturvallinen)	Ei tietoa saatavilla	Kemiallinen
Kierrätys-PET	Mahdollinen	< 3.6	Kemiallinen
Biomuovit	Ei tietoa saatavilla	Ei tietoa saatavilla	Kompostointi

Kuten taulukosta nähdään ei kaikista materiaaleista ole edes saatavilla tietoja, jotta niiden vertaileminen olisi täysin mahdollista. Palosuojaus osaltaan kertoo tämän päivän tekniikan saavutuksista. Lähestulkoon kaikesta materiaalista saadaan tehtyä paloturvallisia kankaita. Suunnittelijalle se antaa vapaammat kädet.

Kierrätettävyyskeinot kertovat samaa tulosta. Kaikki vertailussa olleet kuitumateriaalit on kemiallisesti kierrätettävissä, ja sitä kautta niistä voidaan valmistaa uutta kuitua. Biomuovi kiilaa muiden edelle kompostointimahdollisuudellaan. Varmasti tulevaisuudes-

sa kompostoimalla pystymme myös kierrättämään sekä luonnonkuiduista että muunkuiduista tehtyjä kankaita. Kompostointiprosessin alkamiseen tarvitaan vain jokin vahvempi katalyytti.

Ratkaisevaksi tekijäksi vertailussa osoittautui siis ekologisuus. Alussa esitin ekologisuuden rinnalle tarkasteltavaksi muita ominaisuuksia, jotta saisimme laajemman kokonaiskuvan. Tämä osoittautui siis vertailutulosten kannalta lähes turhaksi. MI-kerroin sen sijaan antaa erittäin tärkeää tietoa siitä, mikä materiaali on ekologisin. Kaikista kuiduista ei ollut tätä tietoa saatavilla, mutta MIPS-taulukon lukujen perusteella voi päätellä, että esimerkiksi polyamidin MI-kerroin ei varmasti ole pienempi kuin polyesterin. Polyamidin valmistamiseen kuluu yli 900 kiloa vettä, kun taas polyesterillä vastaavaan kuluu vajaa 300 kiloa. Toisaalta polyesterin valmistus kuluttaa huomattavasti enemmän abioottisia materiaaleja kuin polyamidin valmistus.

Selluloosakuiduista ehdottomasti ekologisin valinta on lyocell. Sen valmistusmenetelmä on huomattavasti ympäristöystävällisempi kuin viskoosin tai modaalin. MI-kerroin on näin ollen varmasti pienempi kuin 7,5 vaikka siitä ei tietoa ollutkaan saatavilla. Biomuoveista ja niistä valmistetuista kuiduista löytyy paljon tutkimustietoa, mutta kyseessä on niin uusi ala, että käytännön esimerkkejä ei vielä ole paljoa. Tähän projektiin biomuovikuitujen käyttö sisustustekstiileissä on vielä liian aikaista, mutta uskon, että tulevaisuudessa ne tulevat olemaan yksi tärkeimmistä materiaaleista. Kuten sanottua, ekologisen johtopäätöksen tekeminen on erittäin hankalaa.

Tutkimukseni perusteella kuitenkin väitän, että ekologisin materiaali auton sisustamiseen on kierrätysmuovista valmistettu kuitu. Ekologisin materiaali on materiaali, joka ei tarvitse mitään uutta valmistuakseen. Polyesterin MI-kerroin on 3,6, joten kierrätys-PET:n on varmasti pienempi. Tämän päivän menetelmillä siitä voidaan tehdä yhtä paljon kestäväää kuin mistä tahansa muustakin materiaalista. Lisäksi se voidaan käsitellä kestävään kovaakin kulutusta. Suurin tekijä on kuitenkin kierrätettävyyys. Kierrätetyn PET:n elämä alkaa kierrättämisestä ja parhaassa mahdollisessa tapauksessa myös päättyy kierrätykseen.



## 6 Lopuksi

Ekologinen tutkimuskenttä on todella laaja. Sen parissa voi viettää paljon aikaa ja silti tuntuu, että vielä ei ole löytänyt mitään relevanttia. Kun asioita kuitenkin kirjoittaa ylös ja vertailee, huomaa yhtäkkiä, että onkin löytänyt ihan kelpollisia asioita. Se on myös todella uuvuttavaa. Juuri, kun tunnet löytäneesi jonkun tärkeän asian, seuraava artikkeli kumoaakin sen. Välillä opinnäytetyöhön varattu aika tuntui liian lyhyeltä tällaiselle tutkimukselle.

Aiheen rajaaminen ei myöskään tullut itsestään. Kaikki ekologisuuden ja tuotteen elinkaaren alueet liittyvät toisiinsa ja niiden rajaaminen ei ollut helppoa. Tuntui siltä, kuin tutkimukseni jäisi vajaaksi jonkin ulkopuolelle rajatun asian takia. Haluttu lopputulos kuitenkin saavutettiin ja sitä voidaan hyödyntää projektissa.

Luulen kuitenkin, että tutkimuksesta jäi puuttumaan niitä oikeasti tuotteen ekologisuuteen liittyviä asioita, kuten raaka-aineiden alkuperä. Eettinen valmistaminen ja tuottaminen onneksi nostavat tänä päivänä päätään ja kuluttaja osaa myös vaatia tuotteiltaan niitä. Luonnon kuuluu olla saavana osapuolena myös tuotesuunnittelussa ja valmistuksessa, ei ainoastaan antavana osapuolena. Tämän takia kuulutan kierrätysmateriaalien käyttöä. Se on ainoa keino, jolla emme enää vie luonolta mitään sille kuuluvaa pois.

Opin, että ekologisuus ei ole itsestään selvä eikä helppo asia. Opin myös, että tutkimustulokset saattavat vaihdella riippuen tutkijoista. Yleensä parhaita tuloksia ovatkin kouluissa ja laitoksissa tehdyt tutkimukset, joihin ei ulkopuoliset tahot ole päässeet vaikuttamaan. Osasin kuitenkin käsitellä analyttisesti ja myös kriittisesti näitä tuloksia, ja suodattamaan huonot pois välistä.

Ekologisen suunnittelun jatkotutkimukselle olisi varmasti tilausta myös kuluttajatasolla. Mutta olisiko sillä tai sen tuloksilla kuitenkaan sitä vaikutusta mitä haluaisin? Näin kaipaalla tutkimuksella saimme jo selville, että kierrätysmateriaali on ekologisin vaihtoehto. Mitä jos tutkisimme tarkkaan kaikki osa-alueet tuotteen elinkaaresta ja saisimme karun totuuden selville, vaikuttaisiko se valintoihimme? Tahdon ainakin uskoa niin.

## Lähteet

Ahonen Eino, Kallonen Raija, Ryyänen Tiia 2001. Palosuojatut tekstiilit, ominaisuudet ja käyttö, VTT. [verkkodokumentti]  
<<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2001/T2116.pdf>> (luettu 12.3.2011)

Alma Media 2008. Sanastoa, Alma Media. [verkkodokumentti]  
<[http://www.almamedia.fi/yritysvastuun\\_sanastoa](http://www.almamedia.fi/yritysvastuun_sanastoa)> (luettu 19.2.2011)

Boncamper, Irma 1999. Tekstiilioppi. Kuituraaka-aineet. Hämeen ammattikorkeakoulu, Hämeenlinna.

Burger Eva, Giljum Stefan, Manstein Christopher, Hinterberger Friedrich 2009. Comprehensive ecological indicators for products: three case studies applying ecological rucksack (MIPS) and ecological footprint, essee. [verkkodokumentti] <http://seri.at/wp-content/uploads/2009/09/Comprehensive-Ecological-Indicators-for-Products-Paper2.pdf> (luettu 31.3.2011)

Hannula-Lundberg Anne 2006. Vaatetus- ja tekstiilimateriaalien ekologinen elinjakson hallinta Talousvarikon toiminnoissa. Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Energia- ja ympäristötekniikka, Ympäristötekniikan laitos.

Heiska Kalle 2003. VTT:ltä luonnonkuiduilla vahvistettu biomuovi, Tiedetoimittaja. [verkkodokumentti] <<http://www.tiedetoimittaja.com/sivut/biomuovi.html>> (luettu 31.3.2011)

Kasurinen Paula 2010. Ekologisuutta etsimässä, Metropolia AMK opinnäytetyö. [verkkodokumentti]  
<[https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/15218/opinnayte\\_paulakasurinen.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/15218/opinnayte_paulakasurinen.pdf?sequence=1)> (luettu 6.4.2011)

Koefoed Anders 2011. Bioplastic. [verkkodokumentti]  
<<http://anderskoefoed.com/bioplastic.html>> (luettu 8.3.2011)

Lassila & Tikanoja 2008. Raaka-aineiden toimitukset, L&T. [verkkodokumentti]  
<<http://www.lassila-tikanoja.fi/fi/PalvelutJaTuotteet/palvelujatuotevalikoima/Ymparistonhuolto/raaka-aineet/Sivut/Default.aspx>> (luettu 8.3.2011)

Lauritzon's copyright 2011. Alcantara, Lauritzon's. [verkkodokumentti]  
<<http://www.lauritzon.fi/index.php?content=collections&collectionId=5=1>> (luettu 2.4.2011)

Lauritzon's copyright 2011. Tuotetietoinfo, Lauritzon's. [verkkodokumentti]  
<<http://www.lauritzon.fi/index.php?content=pages&pageId=26&level2=10>> (luettu 2.4.2011)

Palpa, 2011. Pantillisten juomapakkausten palautusasteet edelleen nousussa, Palpa.fi tiedote. [verkkodokumentti] <<http://www.palpa.fi/files/palpafi/Uutiset/palpa-tiedote-31032011.pdf>> (luettu 31.3.2011)

Pylsy Auli, toiminnanjohtaja, Tevasta RY. Puhelinkeskustelu 5.4.2011

Reware 2011. Rewoven's recycled PET fabric, Reware. [verkkodokumentti] <[http://www.rewarestore.com/tech\\_recycled\\_pet.html](http://www.rewarestore.com/tech_recycled_pet.html)> (luettu 31.3.2011)

Rip Curl 2011. Eco design in our product, RipCurl. [verkkodokumentti] <<http://www.ripcurlplanet.com/aid=14.phtml>> (luettu 31.3.2011)

Routio Pentti 2007. Tuotteen ekologia. [verkkodokumentti] <<http://www2.uiah.fi/projects/metodi/037.htm>> (luettu 19.2.2011)

Rämö Johanna, Ylä-Sulkava Tuula 1999. Sisusteiden paloturvallisuus, VTT. [verkkodokumentti] <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T1964.pdf>> (luettu 12.3.2011)

Seppänen Raili 2008. Uudet muovit kasvavat pellolla, Tiede. [verkkodokumentti] <[http://www.tiede.fi/artikkeli/863/uudet\\_muovit\\_kasvavat\\_pellolla](http://www.tiede.fi/artikkeli/863/uudet_muovit_kasvavat_pellolla)> (luettu 5.3.2011)

SFS-standardit, SFS-kirjasto. Lisenssilukuoikeus Metropolia AMK:lta, [verkkodokumentti] <<http://sales.sfs.fi/servlets/SFSContractServlet?action=enterContract&contractId=11400>> (luettu 4.4.2011)

Suojanen Ulla 1997. Vihreät tekstiilit. Yliopistopaino, Helsinki.

Talvenmaa Päivi 1998. Tekstiilit ja ympäristö. Tekstiili- ja vaatetusteollisuus ry, Tampere.

Tampereen Teknillinen Yliopisto, Lahden AMK, Pohjois-Karjalan AMK, Åbo Akademi University, Mikkelin AMK, Teknologiateollisuuden 100-vuotissäätiö 2010. Muovit vaateustekniikassa, TTY. [verkkodokumentti] <<http://www.tut.fi/plastics/polyko/materiaalit/LAMK/pruju.pdf>> (luettu 5.3.2011)

Tampereen Teknillinen Yliopisto 2006. Strategiamme painopistealueet, TTY. [verkkodokumentti] <<http://www.tut.fi/index.cfm?MainSel=14824&Sel=14829&Show=20661&Siteid=53>> (luettu 6.4.2011)

Thompson Rider 2008. Billabong ECO Supreme Suede Boardshorts, Billabong. [verkkodokumentti] <<http://www.sustainableisgood.com/products/2008/04/billabong.html>> (luettu 31.3.2011)

Trafi 2010. Henkilöautojen keski-ikä 1998-2009, Liikenteen turvallisuusvirasto. [verkkodokumentti] <<http://www.ake.fi/NR/rdonlyres/435BD426-C114-4E5C-AE61-F8ECC978FE91/0/Kanta2009liiteHenkilöautojenkeskiikäjadieseleidenosuuus.pdf>> (luettu 8.3.2011)

Tuomala Heimo 2008. Ympäristömyönteinen tuotesuunnittelu, Lahden ammattikorkeakoulu. [verkkodokumentti]  
<[http://www.lamk.fi/material/ymparistomyonteinen\\_tuotesuunnittelu270608.pdf](http://www.lamk.fi/material/ymparistomyonteinen_tuotesuunnittelu270608.pdf)> (luettu 31.3.2011)

Wuppertal Institute for climate, environment and energy 2003. Material intensity of materials, fuels, transport services. [verkkodokumentti]  
<[http://www.wupperinst.org/uploads/tx\\_wibeitrag/MIT\\_v2.pdf](http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wibeitrag/MIT_v2.pdf)> (luettu 19.2.2011)

### **Kuvalähteet**

Kuvio 3: Teijin 2011. Eco circle: chemical recycling of polyester products, Teijin. [verkkodokumentti]< [http://www.teijin.co.jp/english/eco/eco03\\_04.html](http://www.teijin.co.jp/english/eco/eco03_04.html) >(luettu 3.4.2011)

## Yleiset MI-kertoimet (Wuppertal Institute)

Liite 1

## Appendix 1

## LIST OF MATERIALS: MI-FACTORS OF BASIC MATERIALS

<b>Metals (kg/kg)</b>		<b>Granit, -alabs (polished)</b>	1,9	<b>Methanol</b>	0,88
Aluminium, primary	8,5	Hardboar	2,9	Sodium hydroxide, 50%	6,1
Aluminium, secondary	3,5	Chalky sandstone	1,3	Naphtha*	2,9
Lead	16	Coal fibre	61	Pentan	2
Raw Iron	5,6	Perlit-foam	2	Phenol	3,2
Iron with zinc	9	PUR-hardfoam	7,3	Polyester resin	5,4
Ferronickel (33% Ni)	47	Foamglass	6,7	Polyethylene, PE	5,4
Chromium (53% Cr)	16	Plywood board	2	Propylene	3,9
Gold (540.000)	5,4E+5	Stone wool	4	PVC	8
Copper, primary	500	Stoneware,	2,9	Nitrogen, liquid*	2,3
Copper, secondary	10	XPS-foam	11,3	Sulphuric acid, 100%	0,5
Brass	350	Cement, iron & steel	2,2	Nitric Acid, 100%	1,05
Molybdenum	100	Cement, portland-	3,2	Hydrochloric acid, 37%	3
Nickel	141	Brick, roof-	2,1	Starch	1,1
Platinum (320.000)	3,2E+5	Brick, porous	2	Water glass, 35%	1,2
Silver	7500	Brick, full-	2,1		
Steel, Oxygen-	7			<b>Electricity/Heat*</b>	
Steel, Electro-	3,4	<b>Wood (kg/kg)**</b>		Mini-BHKW	0,16
Steel, V2A	21	Spruce: round wood	1,9		
Steel, V4A	24	Spruce: boards, beams	2,2	<b>Energy Source (kg/kg)</b>	
Titanium	1000	Spruce: floor, shuttering	2,8	Petrol	2,9
Zink	23	Spruce: windows, doors,	3,5	Brown coal, D	10
				Vapour	0,4
<b>Mineral Materials (kg/kg)</b>		<b>Others (kg/kg)</b>		Natural gas	1,3
Aluminium Oxide (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	7,4	Aramid fibre	37	Raw Oil	2,3
Borax	5,8	Cotton	22	Light oil heating	2,5
Boron acid	7,6	Container glass	3	Heavy oil heating	2,6
CaO (burned limestone)	3,2	Container glass	0,9	Refinery gas*	2,6
Colemanit	8,4	Colour, red lead	8	Hard coal, D	2,6
Diabas, broke	1,4	Colour, wall-	2,2	Hard coal, import	5,8
Diamonds (5.300.000)	5,3E+6	Glass fibre (E-glass)	6,2	Hard coal coke	4,2
Fluorspar	2,9	Rubber	5		
Gypsum	1,8	Indiarubber	4	<b>Electricity (kg/kWh)</b>	
Graphite (synthetic)	20	Cellulose*	12	Europemix (UCPTE)*	2,0
Potassium salt	5,7	Linoleum	2	Germany, public net*	4,7
Limestone	2,5	Acrylic paint	2,7	Austria, public net*	0,8
Kaolin	3,1	Latex	6	OECD-countries	1,55
Gravel	1,2	Leather	2	Brown coal (600 MW)*	0,89
Loam	1,5	Paper	15	Hard coal (745MW)*	11
Magnesium (miner.)	10	Card	3	Natural gas (620 MW)*	0,23
Quartz sand (Glass sand)	1,4	Polyester fibre	3,6	Heavy oil (400 MW)*	0,65
Sand	1,2	Porcelain	10	Wind power (33 kW)*	0,07
Soda	4,5	Viscose	7,5	Wind power (300 kW)*	0,06
Salt (NaCl)	1,2			Photovoltaic, multi	1,8
		<b>Chemical Material</b>		Hydroelectricity	0,21
<b>Building Materials (kg/kg)</b>		Acetone	3,2		
Insulation recycled paper	1,7	Ammoniac (NH <sub>3</sub> )	3,6	<b>Transports (kg/tkm)</b>	
Concrete, B25	1,3	Chlorine (Cl <sub>2</sub> )	6,1	Rail transport	0,9
Concrete, pore-	2,3	Epoxy resin	13,7	Goods traffic	1
Bitumen	2,6	Ethylbenzol	4,5	Ocean shipping	0,006
EPS-foam	11	Ethylen	3,9	Inland water ways	0,35
Fibre-board, medium-	2	Formaldehyde	1,11		
Glass-wool	4,7	Carbamide	3,5	<b>Disposal (kg/kg refuse)*</b>	
Flat glass	3			Domestic refuse dump	1,1

Source: Wuppertal Institute (and: \*C. Manstein: \*\*estimation Irgang/Manstein)